沙棘果渣对育肥羔羊生长性能、器官指数、血清生化指标和肌内脂肪酸组分的影响[1]

辛晓斌[1] 赵俊星[1] 金亚倩[1] 刘文忠[1] 任有蛇[1] 张春香[1] 张文佳[2] 项斌伟[2] 张建新[1*]

（1.山西农业大学动物科技学院，太谷 030801；2.山西省右玉县畜牧局，右玉 037200）

摘　要：本试验旨在研究饲粮中添加沙棘果渣对育肥羔羊生长性能、器官指数、血清生化指标和肌内脂肪酸组分的影响。选取 24 只 3 月龄杜泊×小尾寒羊杂交公羔[（25±1） kg]，随机分为 4 组，每组 6 只羊。各组分别饲喂含有 0（对照）、10%、20%和 30%沙棘果渣的试验饲粮。试验期 50 d。结果表明：1)10%和 20%水平组羔羊的宰前活重显著高于对照组和 30%水平组（$P<0.05$），10%水平组羔羊的平均日增重显著高于其他各组（$P<0.05$），20%水平组羔羊的平均日采食量显著高于其他各组（$P<0.05$），10%水平组羔羊的料重比显著低于其他各组（$P<0.05$）。2）30%水平组羔羊的肝脏、脾脏指数显著高于其他各组（$P<0.05$），网胃指数显著低于其他各组（$P<0.05$）。10%、20%和 30%水平组羔羊的大肠和小肠指数显著高于对照组（$P<0.05$）。3）30%水平组羔羊的血清高密度脂蛋白（HDL）含量显著高于其他各组（$P<0.05$），10%、20%和 30%水平组羔羊的动脉粥样硬化指数（AI）显著低于对照组（$P<0.05$），10%、20%和 30%水平组羔羊的血清总抗氧化能力（T-AOC）、谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）和超氧化物歧化酶（SOD）活性显著高于对照组（$P<0.05$），30%水平组羔羊的血清谷草转氨酶（AST）、谷丙转氨酶（ALT）、乳酸脱氢酶（LDH）活性及肌酐（CRE）和尿素氮（UN）含量显著高于其他各组（$P<0.05$）。4）10%、20%和 30%水平组羔羊的背最长肌中亚油酸、反油酸、花生四烯酸、总多不饱和脂肪酸（ΣMUFA）和总不饱和脂肪酸（ΣUFA）比例显著高于对照组（$P<0.05$），油酸、总饱和脂肪酸（ΣSFA）和总单不饱和脂肪酸（ΣPUFA）比例显著低于对照组（$P<0.05$）。由此可见，育肥羔羊饲粮中添加沙棘果渣有利于其生长发育和生长性能的提高，适宜添加水平为 10%~20%。

关键词：沙棘果渣；育肥羔羊；生长性能；血清生化指标；肌内脂肪酸

中图分类号：S826

收稿日期：2017-04-17

基金项目：国家现代肉羊技术体系专项（CARS-39）；国家星火项目（2016630004）；山西省协同创新中心项目

作者简介：辛晓斌（1989—），男，山西怀仁人，硕士研究生，动物营养与饲料科学专业。E-mail: 616400446@qq.com

*通信作者：张建新，教授，博士生导师，E-mail: ypzjx@126.com

沙棘（*Hippophae rhamnoides Linn.*）是一种落叶性灌木，沙棘果中含有多种营养物质和活性成分，主要包括维生素、类胡萝卜素、矿物质、黄酮、[2]甾醇、多酚以及沙棘精油等错误！未找到引用源。，具有广泛的食用与药用价值。研究发现，饮用沙棘果汁能提高人血浆中高密度脂蛋白胆固醇（HDLC）和甘油三酯（TG）含量，降低低密度脂蛋白（LDL）氧化易感性[1]。沙棘中黄酮类化合物能抑制脂肪细胞前体分化，从而减少细胞内脂质积累，对机体脂代谢具有一定的调节作用错误！未找到引用源。，并对氧化应激有显著的改善作用[2]。

羊肉作为一种优质畜产品，因瘦肉多、脂肪少、胆固醇低而倍受人们喜爱[4]。然而，羊肉的饱和脂肪酸含量相对较高，对人体健康无益错误！未找到引用源。。我国规模化肉羊生产中多为舍饲，饲养密度较高，容易对动物造成氧化应激错误！未找到引用源。，导致生长性能下降，发病率升高。

沙棘果渣（sea buckthorn pomace）是沙棘果经榨汁加工后剩余的残渣，仍含有大量的营养物质错误！未找到引用源。，是一种潜在的饲料资源。沙棘果渣已广泛应用于单胃动物生产中[7]，但其在反刍动物中的研究报道很少。鉴于沙棘果渣的高营养价值及山西省丰富的沙棘果渣资源，如果沙棘果渣能在肉羊生产中得以应用，必将有广阔的推广价值。因此，本研究以杜泊×小尾寒羊杂一代公羔为试验动物，在饲粮中添加不同水平的沙棘果渣进行育肥试验，从生长性能、器官指数、血清生化指标和肌内脂肪酸组分等方面进行研究，旨在为沙棘果渣在肉羊生产中的应用提供依据。

1　材料与方法

1.1　试验设计

本试验所用的沙棘果渣由山西省朔州市右玉县沙棘饮料厂提供，其沙棘原料来自右玉本地，品种为中国沙棘（*H.r. subsp. sinensis*）。沙棘果渣的营养水平见表 1。

表 1　沙棘果渣的营养水平

Table 1　Nutrient levels of sea buckthorn pomace

营养水平 Nutrient levels	含量 Content
干物质 Dry matter/%	88.44
能量 Energy/(kJ/g)	20.48
粗蛋白质 Crude protein/%	19.73
粗脂肪 Ether extract/%	15.82
粗灰分 Ash/%	9.76
中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber/%	45.84

基础饲粮参照 NRC（2007）绵羊营养需要中体重 25 kg、平均日增重 200 g 公羔营养需要量设计，其他 3 种饲粮中分别添加 10%、20%和 30%的沙棘果渣，同时调整玉米、豆粕及粗饲料的比例，使这 3 种饲粮能量、蛋白质含量与基础饲粮基本一致。试验饲粮均制成全混合颗粒饲粮。试验饲粮组成及营养水平见表 2。试验选用体重[（25±1） kg]接近、体况良好的 3 月龄杜泊×小尾寒羊杂交公羔 24 只，随机分为 4 组，每组 6 只羊。各组分别饲喂含有 0（对照）、10%、20%和 30%沙棘果渣的试验饲粮。

表 2　试验饲粮组成及营养水平

Table 2　Composition and nutrient levels of experimental diets　　%

项目 Items	沙棘果渣水平 Sea buckthorn pomace level/%			
	0	10	20	30
原料 Ingredients				
玉米 Corn	29.00	27.00	24.95	20.90
豆粕 Soybean meal	9.00	8.60	8.20	7.40
麸皮 Wheat bran	4.00	4.00	4.00	4.00
胡麻饼 Oil cake of flax seed	5.00	5.00	5.00	5.00
预混料 Premix1)	5.00	5.00	5.00	5.00
沙棘果渣 Sea buckthorn pomace		10.00	20.00	30.00
荞麦秸 Naked oats straw	48.00	45.40	42.85	37.70
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutritional levels2)				
干物质 Dry matter	88.40	88.44	88.22	89.01
消化能 Digestible energy/(MJ/kg)	10.53	10.61	10.31	10.33
粗蛋白质 Crude protein	12.48	12.59	12.94	13.03
中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber	42.85	43.21	43.38	44.06
钙 Calcium	0.39	0.41	0.39	0.41
磷 Phosphorus	0.26	0.26	0.27	0.27

1)预混料为每千克饲粮提供 Premix provided the following per kg of diets: VA 20 000 IU/kg，VD 4 000 IU/kg，VE 400 IU/kg，Cu 14 mg/kg，Fe 50 mg/kg，Mn 40 mg/kg，Se 0.3 mg/kg，I 0.5 mg/kg，Co 0.2 mg/kg。

[2)] 消化能为计算值，其他营养水平为实测值。Digestible energy was a calculated value, while other nutrient levels were measured values.

1.2　饲养管理

试验于 2015 年 5—8 月在山西省右玉县宏宇牧业有限公司进行。饲养试验共进行 65 d，其中预试期 15 d，正试期 50 d。试验前对试验羊舍进行消毒和清扫，并对试验羊进行检验检疫。在预试期进行驱虫和分组工作。正试期内，试验羊每天饲喂 2 次，分别为 08:00 和 18:00，自由采食饮水。

1.3 样品采集与指标测定

正试期第 1 天和最后 1 天早上对所有试验羊空腹称重，记录每只羊每日采食量、初始体重和宰前活重，计算平均日增重、平均日采食量和料重比。

试验结束当日 16:00 对所有试验羊禁水禁食，次日 08:00 称重后进行采血，每只羊采血 10 mL 于洁净的离心管中，室温静置 1 h，3 000 r/min 离心 10 min，分离血清并分装于 1.5 mL EP 管中，冷冻保存，血清生化指标由北京华英生物技术研究所公司测定。。

屠宰取样：取左侧背最长肌，液氮内冷冻保存；将心脏、肝脏、脾脏、肺脏、肾脏等器官分离、称重并记录；将消化器官包括瘤胃、网胃、瓣胃、皱胃、大肠和小肠洗净称重并记录。计算器官指数：

器官指数（mg/kg）=器官重（mg）/活体重（kg）。

背最长肌中 36 种脂肪酸组分由青岛科标检测公司测定。

1.4 数据处理

数据采用 Excel 2013 初步整理后，应用 SPSS 22.0 数据统计分析软件进行单因素方差分析（one-way ANOVA），并进行 Duncan 氏法多重比较。数据以“平均值±标准差”表示。

2　结　果

2.1　沙棘果渣对育肥羔羊生长性能和器官指数的影响

由表 3 可知，各组羔羊初始体重无显著差异（P>0.05），试验结束时，10%与 20%水平组羔羊的宰前活重显著高于对照组和 30%水平组（P<0.05）。10%水平组羔羊的平均日增重最高，显著高于其他各组（P<0.05），20%水平组显著高于对照组和 30%水平组（P<0.05）。羔羊的平均日采食量随饲粮沙棘果渣水平的升高表现为先升后降的趋势，20%水平组最高，显著高于其他各组（P<0.05）；30%水平组最低，显著低于其他各组（P<0.05）。10%水平组羔羊的料重比最低，显著低于其他各组（P<0.05）；30%水平组最高，显著高于其他各组（P<0.05）。

表 3　沙棘果渣对育肥羔羊生长性能的影响

Table 3　Effects of sea buckthorn pomace on growth performance of fattening lambs

项目 Items	沙棘果渣水平 Sea buckthorn pomace level/%			
	0	10	20	30
初始体重 IBW/kg	26.71±0.25	26.61±0.38	26.80±0.39	26.67±0.46
宰前活重 SBW/kg	37.75±1.15[b]	39.25±1.73[a]	38.75±1.25[a]	37.01±1.02[b]
平均日增重 ADG/（g/d）	220.00±15.02[c]	262.13±21.33[a]	242.12±21.92[b]	201.85±23.12[c]
平均日采食量 ADG/（kg/d）	1.74±0.43[b]	1.77±0.32[b]	1.86±0.35[a]	1.64±0.33[c]
料重比 F/G	7.09±0.91[b]	6.08±0.83[c]	7.68±0.77[b]	8.20±0.77[a]

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（P<0.05），相同或无字母表示差异不显著（P>0.05）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05). The same as below.

由表 4 可知，各组羔羊的心脏、肺脏、脾脏指数无显著差异（P>0.05），但 30%水平组羔羊的肝脏、肾脏指数显著高于其他各组（P<0.05）。各组羔羊的瘤胃、瓣胃、皱胃指数无显著差异（P>0.05）。20%水平组羔羊的网胃指数最高，显著高于其他各组（P<0.05）；30%水平组最低，显著低于其他各组（P<0.05）。10%、20%和 30%水平组羔羊的大肠和小肠指数均显著高于对照组（P<0.05）。

表 4　沙棘果渣对育肥羔羊器官指数的影响

Table 4　Effects of sea buckthorn pomace on organ indexes of fattening lambs　　mg/kg

项目	沙棘果渣水平 Sea buckthorn pomace level/%			
Items	0	10	20	30
心脏 Heart	4.79±0.13	4.83±0.20	4.86±0.22	4.97±0.18
肝脏 Liver	16.81±0.87[b]	16.57±0.91[b]	16.8±0.73[b]	18.03±1.02[a]
脾脏 Spleen	1.41±0.11	1.52±0.23	1.47±0.32	1.88±0.41
肺脏 Lung	11.11±1.31	11.21±2.23	11.61±1.36	11.77±1.38
肾脏 Kidney	2.55±0.22[b]	2.67±0.27[b]	2.64±0.25[b]	3.03±0.18[a]
瘤胃 Rumen	15.92±1.33	15.55±2.06	16.15±1.78	16.15±1.14
网胃 Reticulum	2.75±0.25[b]	2.66±0.34[b]	2.94±0.21[a]	2.15±0.19[c]
瓣胃 Omasum	3.33±0.38	3.24±0.40	3.32±0.32	3.55±0.51
皱胃 Abomasum	5.26±0.91	5.44±0.82	5.39±1.03	5.43±1.07

小肠 Small intestine	21.10±1.33[b]	25.04±1.58[a]	25.12±1.46[a]	25.67±1.96[a]
大肠 Large intestine	16.29±1.23[b]	25.71±1.39[a]	27.44±1.74[a]	28.41±2.01[a]

2.2 沙棘果渣对育肥羔羊血清生化指标的影响

由表 5 可知，各组血清总蛋白（TP）、白蛋白（ALB）、总胆固醇（TC）、甘油三酯、低密度脂蛋白、葡萄糖（GLU）、钙（Ca）和磷（P）含量无显著差异（$P>0.05$），但 30%水平组的血清高密度脂蛋白（HDL）含量显著高于其他各组（$P<0.05$）。动脉粥样硬化指数（atherosclerosis index，AI）[12]随饲粮沙棘果渣水平的提高逐渐降低，30%水平组显著低于其他各组（$P<0.05$）。30%水平组的血清谷草转氨酶（AST）、谷丙转氨酶（ALT）和乳酸脱氢酶（LDH）活性均显著高于其他各组（$P<0.05$）。各组血清碱性磷酸酶（ALP）、谷氨酰转移酶（G-GT）、过氧化氢酶（CAT）和肌酐激酶（CK）活性无显著差异（$P>0.05$）。10%、20%和 30%水平组的血清总抗氧化能力（T-AOC）、谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）和超氧化物歧化酶（SOD）活性显著高于对照组（$P<0.05$）。30%水平组的血清肌酐（CRE）和尿素氮（UN）含量显著高于其他各组（$P<0.05$）。

表 5　沙棘渣对育肥羔羊血清生化指标的影响

Table 5　Effects of sea buckthorn pomace on serum biochemical parameters of fattening lambs

项目 Items	沙棘果渣水平 Sea buckthorn pomace level/%			
	0	10	20	30
总蛋白 TP/（g/L）	44.05±16.75	45.71±13.84	43.36±8.22	42.28±12.42
白蛋白 ALB/（g/L）	21.87±8.44	20.72±6.50	19.10±3.7	21.19±5.53
总胆固醇 TC/（mmol/L）	1.18±0.11	1.13±0.14	1.11±0.21	1.06±0.14
甘油三酯 TG/（mmol/L）	0.29±0.07	0.28±0.02	0.28±0.05	0.27±0.13
高密度脂蛋白 HDL/（mmol/L）	0.33±0.04[b]	0.39±0.03[b]	0.41±0.03[b]	0.55±0.08[a]
低密度脂蛋白 LDL/（mmol/L）	0.44±0.27	0.41±0.17	0.38±0.07	0.44±0.13
动脉粥样硬化指数 AI	2.57±0.11[a]	1.89±0.13[b]	1.71±0.21[b]	0.92±0.03[c]
谷草转氨酶 AST/（U/L）	224.89±38.32[b]	219.64±38.17[b]	201.76±46.29[b]	265.78±37.56[a]
谷丙转氨酶 ALT/（U/L）	136.86±22.06[b]	129.98±26.39[b]	128.29±12.83[b]	187.17±33.03[a]
碱性磷酸酶 ALP/（U/L）	185.31±51.56	198.80±56.96	186.35±57.51	182.37±43.18
乳酸脱氢酶 LDH/（U/L）	423.37±52.10[b]	440.32±69.17[b]	429.76±51.65[b]	687.86±54.25[a]
谷氨酰转移酶 G-GT/（U/L）	30.46±11.12	23.90±11.00	24.32±7.934	37.82±14.19

总抗氧化能力 T-AOC/（U/mL）	9.06±0.21[b]	9.99±0.78[a]	9.85±0.70[a]	9.98±0.62[a]
过氧化氢酶 CAT/（U/mL）	23.4±8.17	25.36±9.42	24.98±7.11	24.93±8.88
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/（U/mL）	936.85±96.86[b]	1 037.40±75.85[a]	1 004.35±76.87[a]	996.94±76.98[a]
超氧化物歧化酶 SOD/（U/mL）	63.23±2.45[b]	66.42±3.69[a]	67.11±5.69[a]	66.88±3.99[a]
肌酐 CRE/（μmol/L）	49.60±19.80[b]	41.52±13.84[b]	38.28±10.21[b]	55.91±9.95[a]
肌酐激酶 CK/（U/L）	247.78±29.66	249.61±49.61	242.95±82.42	232.96±51.59
尿素氮 UN/（mmol/L）	5.76±1.59[b]	5.15±0.94[b]	5.87±1.06[b]	6.75±1.22[a]
葡萄糖 GLU/（mmol/L）	3.76±0.29	3.90±0.51	3.79±0.19	3.76±0.34
磷 P/（mmol/L）	1.53±0.80	1.42±0.80	1.34±0.69	1.50±0.51
钙 Ca/（mmol/L）	2.42±0.84	2.16±0.63	1.85±0.45	2.75±0.63

2.3 沙棘果渣对育肥羔羊背最长肌肌内脂肪酸组分的影响

由表 6 可知，20%和 30%水平组的背最长肌棕榈油酸（C16.1）比例显著高于其他 2 组（$P<0.05$）。10%、20%和 30%水平组的背最长肌油酸（C18.1N9C）比例显著低于对照组（$P<0.05$），而反油酸（C18.1N9T）比例显著高于对照组（$P<0.05$）。10%、20%和 30%水平组的背最长肌亚油酸（C18.2N6C）和花生四烯酸（C20:4N6）比例显著高于对照组（$P<0.05$）。10%、20%和 30%水平组的背最长肌总饱和脂肪酸（ΣSFA）和总单不饱和脂肪酸（ΣPUFA）比例显著低于对照组（$P<0.05$），而总多不饱和脂肪酸（ΣMUFA）、总不饱和脂肪酸（ΣUFA）比例与不饱和指数显著高于对照组（$P<0.05$）。

表 6 沙棘渣对育肥羔羊背最长肌肌内脂肪酸组分的影响

Table 6 Effects of sea buckthorn pomace on intramuscular fatty acid composition in *longissimus dorsi* of fattening lambs %

项目 Items	沙棘果渣水平 Sea buckthorn pomace level/% 0	10	20	30
饱和脂肪酸 SFA				
辛酸 C8:0	0.01±0.01	0.01±0.01	0.01±0.01	0.01±0.01
癸酸 C10:0	0.11±0.02	0.1±0.02	0.1±0.01	0.1±0.02
十一烷酸 C11:0	0.01±0.01	0.01±0.01	0.01±0.01	0.01±0.01
月桂酸 C12:0	0.01±0.02	0.08±0.02	0.07±0.02	0.07±0.02
十三烷酸 C13:0	0.01±0.03	0.03±0.01	0.02±0.02	0.02±0.01
肉豆蔻酸 C14:0	0.01±0.04	1.57±0.12	1.63±0.11	1.62±0.14
十五烷酸 C15:0	0.01±0.05	0.27±0.04	0.23±0.05	0.26±0.06
棕榈酸 C16:0	0.01±0.06	30.7±1.12	29.59±1.22	29.85±1.30

十七烷酸 C17:0	0.01±0.07	1.32±0.06	1.33±0.07	1.29±0.09
硬脂酸 C18:0	0.01±0.08	13.26±1.03	13.95±1.02	13.34±1.13
花生酸 C20:0	0.01±0.09	0.08±0.01	0.07±0.03	0.07±0.00
二十一烷酸 C21:0	0.01±0.10	0.05±0.02	0.06±0.02	0.06±0.02
山嵛酸 C22:0	0.01±0.11	0.04±0.01	0.03±0.01	0.03±0.01
二十三烷酸 C23:0	0.01±0.12	0.07±0.02	0.06±0.02	0.06±0.01
二十四烷酸 C24:0	0.01±0.13	0.13±0.03	0.12±0.02	0.10±0.03
蜡酸 C26:0	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
单不饱和脂肪酸 PUFA				
肉豆蔻烯酸 C14:1	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
顺-10-十五烯酸 *cis*-C15:1	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
棕榈油酸 C16:1	1.04±0.07[b]	1.03±0.06[b]	1.32±0.11[a]	1.39±0.09[a]
顺-10-十七烯酸 *cis*-C17:1	0.31±0.05	0.33±0.04	0.38±0.06	0.32±0.06
油酸 C18:1N9C	41.87±1.33[a]	38.69±1.01[b]	38.86±0.92[b]	38.79±0.99[b]
反油酸 C18:1N9T	1.42±0.09[b]	1.79±011[a]	1.85±0.11[a]	1.83±0.13[a]
花生一烯酸 C20:1	0.08±0.01	0.07±0.01	0.07±0.03	0.07±0.02
芥酸 C22:1N9	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
神经酸 C24:1	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
多不饱和脂肪酸 MUFA				
亚油酸 C18:2N6C	4.17±0.26[b]	7.64±0.57[a]	7.19±0.52[a]	7.59±0.66[a]
α-亚麻酸 C18:3N3	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
γ-亚麻酸 C18:3N6	0.09±0.03	0.09±0.02	0.10±0.02	0.11±0.03
顺-11-二十碳烯酸 *cis*-C20:1	0.1±0.01	0.11±0.01	0.09±0.01	0.09±0.02
顺-11,14-二十碳二烯酸 *cis*-C20:2	0.1±0.01	0.11±0.02	0.11±0.02	0.12±0.01
顺-11,14,17-二十碳三烯酸 *cis*-C20:3N3	0.13±0.04	0.15±0.05	0.15±0.03	0.16±0.06
顺-8,11,14-二十碳三烯酸 *cis*-C20:3N6	0.15±0.03	0.14±0.04	0.15±0.03	0.15±0.03
花生四烯酸 C20:4N6	1.73±0.06[b]	2.06±0.08[a]	2.38±0.12[a]	2.42±0.11[a]
顺-5,8,11,14,17-二十碳五烯酸 *cis*-C20:5N3	0.06±0.02	0.07±0.03	0.07±0.02	0.07±0.03
顺-13，16-二十二碳二烯酸 *cis*-C22:2	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
顺-4,7,10,13,16,19-二十二碳六烯酸 *cis*-C22:6N3	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
总单不饱和脂肪酸 ΣPUFA	44.72±1.07[a]	41.91±1.05[b]	42.48±1.13[b]	42.4±1.10[b]
总多不饱和脂肪酸 ΣMUFA	6.53±0.46[b]	10.37±0.58[a]	10.24±0.37[a]	10.71±0.53[a]
总不饱和脂肪酸 ΣUFA	51.25±1.01[b]	52.28±0.93[a]	52.72±0.78[a]	53.11±0.81[a]
总饱和脂肪酸 ΣSFA	48.75±0.63[a]	47.72±0.55[b]	47.28±0.71[b]	46.89±0.70[b]
不饱和指数 UFA/SFA	1.05±0.01[b]	1.1±0.01[a]	1.12±0.03[a]	1.13±0.01[a]

3 讨 论

3.1 沙棘果渣对育肥羔羊生长性能和器官发育的影响

前人研究表明，沙棘果渣在单胃动物生长中作用效果显著[10-11]，关于其在反刍动物中的应用研究目前还鲜有报道。本试验中，饲粮添加 10%和 20%的沙棘果渣可显著提高平均日

增重，而饲粮添加 30%的沙棘果渣则显著降低了平均日增重，说明饲粮中添加适量沙棘果渣有利于羔羊增重，而过量反而导致生长性能下降。本试验结果与 Nuernberg 等[12]用沙棘果渣在猪育肥试验的结果一致。本研究中，10%水平组的料重比最小，经济效益最高。

沙棘在肝脏保护方面具有显著疗效，其主要得益于其中所含的沙棘果油[14]。研究发现，沙棘果对高脂膳食大鼠肝细胞具有保护作用错误！未找到引用源。[9]，并对脂多糖(lipopolysaccharide,LPS)/*D*-氨基半乳糖(*D*-galactosamine,*D*-GalN)诱导的肝损伤有一定程度的预防和保护作用[16]。羔羊育肥中采食量较大，获得的营养物质较为丰富，增重较快，使得消化系统，血液循环系统以及各个内脏器官等承担了较大的压力。本试验中，10%与 20%水平组的羔羊在提高增重效果的同时未对血清肝肾脏指标和肝脏、肾脏器官指数造成显著影响。

沙棘对动物胃肠道环境具有一定改善作用。李新平等[17]在研究沙棘籽油对小鼠肠炎的保护机制时发现，沙棘籽油中的活性抗氧化物质可以明显改善小鼠的肠道形态。申雪丽等[18]证明了沙棘中的活性物质能够在小肠特定部位被有效的吸收，从而起到改善肠道环境的目的。杜延萍等[19]发现，饲粮中添加沙棘果渣可以显著影响蛋鸡的肠道环境，促进肠道中有益菌的生长繁殖，抑制有害细菌的生长。左金国等[20]在饲粮中添加沙棘提取物，显著提高了断奶仔猪消化酶活性以及空肠和回肠的绒毛高度。Jing 等[21]的研究证明，沙棘果油对于辐射引起的急性肠道损伤有很好的修复和保护作用。本试验中，10%、20%和 30%水平组的大肠和小肠指数显著高于对照组，说明饲粮中的沙棘果渣对肠道发育有积极作用。

3.2 沙棘果渣对育肥羔羊血清生生化指标的影响

谷草转氨酶和谷丙转氨酶是常用的体现肝脏功能的指标[22]。正常生理条件下，谷丙转氨酶主要分布在肝细胞浆中，谷草转氨酶主要分布在肝细胞浆和肝细胞的线粒体中。当肝脏发生严重坏死或破坏时，引起谷草转氨酶和谷丙转氨酶在血清中活性偏高[23-24]。本试验中，30%水平组的血清谷草转氨酶和谷丙转氨酶活性显著高于其他组，说明 30%的沙棘果渣添加水平可能使羔羊肝脏受到损伤。

乳酸脱氢酶是一种糖酵解酶，存在于机体所有组织细胞的胞质内，其中以肾脏含量较高。当机体出现肝脏损伤或肾脏损伤时乳酸脱氢酶活性就会升高[25-26]。肌酐是小分子物质，可通过肾小球滤过，在肾小管内很少吸收，每日体内产生的肌酐，几乎全部随尿排出，一般不受尿量影响。肾功能不全时，肌酐在体内蓄积过量便成为有害的毒素，影响消化系统和呼吸系统等代谢。血清尿素氮是蛋白质代谢的最终产物，一般情况下也会通过肾小球排出体外，在肾功能出现障碍时才会积累，并导致更加严重的肾功能损伤[27]。本试验中，30%水平组的乳

酸脱氢酶活性及肌酐、尿素氮含量都偏高，而其他组和对照组无显著差异，说明 30%沙棘果渣添加水平过高，可能对肾功能造成了不利影响。

此外，30%水平组的增重显著偏低，采食量也显著偏低，且该组肝脏和肾脏的指数也偏大。当肝肾等器官发生损伤而影响其代谢功能时，损伤的器官就会代偿性的增大，引起器官指数偏大[28]。因此可以推测，30%组的沙棘渣添加水平使得该组的绵羊出现了一定程度的肝肾损伤，生长发育受到了影响。关于沙棘果渣的过量摄入会引起肝肾损伤的研究尚未见报道。

总抗氧化能力、过氧化物酶、谷胱甘肽过氧化物酶和超氧化物歧化酶是反映机体抗氧化能力的直接指标。在本试验中，沙棘果渣可以提高绵羊血清总抗氧化能力、谷胱甘肽过氧化物酶和超氧化物歧化酶活性，说明沙棘果渣有较好的抗氧化性，与前人报道[29-31]一致。Rashid 等[29]证明了沙棘是一种无毒性的植物性抗氧化补充剂。胡芳等[30]发现沙棘果渣醇提物可显著提高小鼠血清总抗氧化能力、谷胱甘肽过氧化物酶和超氧化物歧化酶活性。焦岩等[31]也通过小鼠试验证实了沙棘黄酮可以提高血清的总抗氧化能力。抗氧化性的提高可能间接导致了生长性能的提升。

马建爽等[32]通过利用沙棘黄酮调控肉仔鸡的肌内脂肪沉积研究时发现，沙棘黄酮通过调控肉仔鸡胰岛素和脂联素水平来改变低密度脂蛋白和甘油三酯含量，从而调控肌内脂肪沉积。本试验中，30%水平组血清高密度脂蛋白含量偏高，而血清总胆固醇含量在各组之间并没有出现显著差异，10%、20%和 30%水平组的 AI 显著低于对照组。AI 动是国际医学界制定的一个衡量动脉硬化程度的指标。AI 越高，表示动脉粥样硬化程度越高[33]。10%、20%和 30%水平组的 AI 显著低于对照组，说明沙棘果渣在防治动脉粥样硬化中有一定的作用。

3.3 沙棘果渣对于育肥羔羊肌内脂肪酸组分的影响。

关于沙棘果渣对肌肉中脂肪酸组分的影响已有多篇报道。王捷思等[34]以小鼠为研究对象，证明了沙棘黄酮能显著促进不饱和脂肪酸的形成。王艳波[35]证明了沙棘提取物会促进脂肪的分解并降低肉鸡的肌内脂肪酸含量。Nuernberg 等[13]证实了沙棘果渣会使猪肌内饱和脂肪酸比例升高，同时油酸比例也显著提高。本试验中，10%、20%和 30%水平组的油酸比例显著低于对照组，而且 10%、20%和 30%水平组的亚油酸比例显著高于对照组，饱和脂肪酸的比例显著下降。出现这种差异可能是反刍动物特有的瘤胃结构造成的。沙棘果渣中的脂肪含量较高，饲粮中的脂肪酸主要以甘油酯的形式为主，甘油酯被瘤胃微生物如 *Anaerovibro lipolytica* 分泌的酯解酶作用下分解为甘油和脂肪酸[36]。酯解的脂肪酸主要通过丁酸弧菌属（*Butyrivibrio*）细菌转化为硬脂酸[37]，与此同时瘤胃中的原虫等其他微生物也将不饱和脂肪酸进行了不同程度的氢化[38]，使得饲粮中的大部分不饱和脂肪酸变成了饱和脂肪酸。而单

胃动物中没有瘤胃器官，不饱和脂肪酸在进入真胃之前没有氢化过程。此外，沙棘果渣中含有的芦丁、槲皮素等黄酮类活性物质会影响机体的脂肪代谢，从而影响机体各组脂肪酸的合成[39-40]。王颖超[41]指出，沙棘黄酮会减少小鼠的脂肪积累并提高其抗氧化性。张志宏等[11]指出，沙棘提取物会调控血清瘦素（leptin）含量和脂肪瘦素 mRNA 的表达，从而影响脂肪的合成，并进一步影响动物的生长性能。目前关于沙棘对反刍动物的脂肪合成的影响研究很少，其作用机制有待进一步挖掘。

由于消费者对肉类质量要求的提升，如何提高肉类中不饱和脂肪酸的含量成为一个研究热点[7]。在本试验中，由于沙棘果渣的添加，10%、20%和 30%水平组的饱和脂肪酸比例出现了显著的降低，不饱和脂肪酸包括单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸的比例显著升高。肌肉中不饱和脂肪酸比例越高，越有利于消费者身体健康[42]。另外不饱和脂肪酸结果中 10%、20%和 30%水平组的单不饱和脂肪酸含量显著降低，而多不饱和脂肪酸的含量显著升高。单不饱和脂肪酸对人体血压、血脂、胆固醇等有显著调节作用[43]，多不饱和脂肪酸对于心血管疾病、肥胖、视力生长发育等有重要的影响[44-45]。10%、20%和 30%水平组的油酸等饱和脂肪酸比例出现了显著降低，而亚油酸、棕榈油酸、花生四烯酸等不饱和脂肪酸的比例有显著的升高。胆固醇在参与人体内的正常代谢之前，必须与亚油酸相结合[46]。如果亚油酸不足，一部分饱和脂肪酸就与和胆固醇发生结合，在血管壁上沉积，构成代谢障碍，进而形成动脉粥样硬化，并引发心脑血管疾病[错误！未找到引用源。]。花生四烯酸是重要神经组织构成物质，是人体的必需脂肪酸，具有广泛的生理作用[48]。在降血脂、抑制血小板凝集、抗炎、抗癌、抗脂质氧化、促进脑组织发育等方面有非常积极的作用[49]。因此，从健康角度比较，亚油酸、花生四烯酸等不饱和脂肪酸含量越高，肉产品品质就越高。综合各项脂肪酸比例，20%水平组最佳。

4　结　论

①饲粮中添加 10%～20%沙棘果渣可以提高育肥羔羊生长性能，促进网胃、大肠、小肠等重要器官的发育，并提高血清的抗氧化性。

②饲粮中添加沙棘果渣会影响育肥羔羊的肌内脂肪酸组分构成，提高不饱和脂肪酸的比例，降低饱和脂肪酸比例。

③饲粮中沙棘添加水平超过 30%会影响育肥羔羊的生长性能，并可能造成一定程度的肝肾损伤。

④本研究条件下，沙棘果渣的适宜添加水平为 10%～20%。

参考文献：

[1] XU Y J,KAUR M,DHILLON R S,et al.Health benefits of sea buckthorn for the prevention of cardiovascular diseases[J].Journal of Functional Foods,2011,3(1):2–12.

[2] ECCLESTON C,BAORU Y,TAHVONEN R,et al.Effects of an antioxidant-rich juice (sea buckthorn) on risk factors for coronary heart disease in humans[J].The Journal of Nutritional Aiochemistry,2006,13(6):346–354.

[3] 王谦.沙棘籽渣中五种黄酮类化合物对脂代谢的调控及机理探究[D].博士学位论文.上海:华东师范大学,2014.

[4] 杨鑫.沙棘籽黄酮对机体脂代谢的调控及机理探究[D].硕士学位论文.上海:华东师范大学,2016.

[5] SULEYMAN H,GUMUSTEKIN K,TAYSI S,et al.Beneficial effects of *Hippophae rhamnoides* L. on nicotine induced oxidative stress in rat blood compared with vitamin E[J].Biological and Pharmaceutical Bulletin,2002,25(9):1133–1136.

[6] 耿仲钟,肖海峰.羊肉价格上涨对居民羊肉消费影响的实证研究——基于 2000～2011 年省级面板数据的分析[J].农业经济与管理,2015(1):92–98.

[7] 罗海玲,王朕朕.从脂肪酸构成角度谈优质羊肉生产[C]//第十届(2013)中国羊业发展大会论文集.昌吉:中国畜牧业协会,2013.

[8] 黄金玉,焦金真,冉涛,等.放牧与舍饲条件下山羊肌肉发育和抗氧化能力变化研究[J].中国农业科学,2015,48(14):2827–2838.

[9] 王翔飞.沙棘籽渣的化学成分研究[D].硕士学位论文.杨凌:西北农林科技大学,2006.

[10] 杨应栋.沙棘果渣提取物对育肥猪生产性能的影响[J].家畜生态学报,2009,30(4):61–62.

[11] 张志宏,夏蕾,陈鑫,等.早期饲喂沙棘提取物对猪生长性能、肉品质和血清 Leptin 水平及脂肪 Leptin mRNA 表达的影响[J].动物营养学报,2009,21(5):734–740.

[12] ULBRICHT T L V,SOUTHGATE D A T.Coronary heart disease:seven dietary factors[J]The Lancet,1991,338(8773):985–992.

[13] NUERNBERG K,NUERNBERG G,PRIEPKE A,et al.Sea Buckthorn pomace supplementation in the finishing diets of pigs-are there effects on meat quality and muscle fatty acids?[J]Archives Animal Breeding,2015,58(1):107–113.

[14] 邹元生,苏琳,聂勇,等.沙棘果油保肝作用的研究[J].沙棘,2005,18(3):27–32.

[15] 宋春梅,杜鹃,葛红娟,等.沙棘果对高脂膳食大鼠肝脏保护作用研究[J].食品研究与开发,2015,36(7):26–28,135.

[16] 王雪,张威,刘欢,等.沙棘多糖提取物对 LPS/D-GalN 诱导的小鼠肝损伤的保护作用及其对 TLR4,SOCS3 表达的调控[J].中国免疫学杂志,2015,31(11):1457–1460.

[17] 李新平,郝亚楠,刘宁,等.沙棘籽油对大鼠溃疡性结肠炎组织的保护作用及其机制[J].营养学报,2012,34(4):349–352.

[18] 申雪丽,袁勇,黄川生,等.沙棘总黄酮的大鼠肠吸收特性考察[J].中国实验方剂学杂志,2013,19(18):61–64.

[19] 杜延萍,吴华,张辉,等.日粮中添加沙棘果渣对蛋鸡生产性能及肠道菌群的影响[J].中国饲料,2014(15):35–36,40.

[20] 左金国,金赛勉,刘长伟,等.沙棘提取物对断奶仔猪消化机能的影响[J].东北农业大学学报,2009,40(3):66–69.

[21] SHI J,WANG L,LU Y,et al,Protective effects of seabuckthorn pulp and seed oils against radiation-induced acute intestinal injury[J].Journal of Radiation Research,2017,58(1):24–32.

[22] 陆双川.非酒精性脂肪肝的血脂和肝功能检测[J].中国高等医学教育,2011(7):128–129.

[23] 邱惠芳,李金花,杨文君,等.慢性乙型肝炎感染谷丙转氨酶持续正常患者肝脏病理相关因素分析[J].中华医院感染学杂志,2015,25(17):3893–3895.

[24] 钟曼华.谷丙转氨酶持续正常及持续或间断升高的慢性乙型肝炎患者肝脏硬度的无创评估[D].硕士学位论文.广州:南方医科大学,2014.

[25] 姚泰.生理学(英文版)[M].北京:人民卫生出版社,2008.

[26] 李金鹏,石丛丛,宋金龙,等.血清 LDH 的水平与肝癌介入治疗预后的关系[J].中国肿瘤临床,2013,40(6):332–335.

[27] 徐叔云.药理实验方法学[M].3 版.北京:人民卫生出版社,2002.

[28] 金惠铭,殷莲华.病理生理学[M].8 版.北京:人民卫生出版社,2013.

[29] ALI R,ALI R,JAIMINI A,et al.Acute and sub acute toxicity and efficacy studies of *Hippophae rhamnoides* based herbal antioxidant supplement[J].Indian Journal of Pharmacology,2012,44(4):504–508.

[30] 胡芳,冯帆,陈金艳,等.沙棘果渣醇提物对 *D*-半乳糖致衰小鼠抗氧化能力的影响[J].中国食品添加剂,2015(4):132–136.

[31] 焦岩,王振宇.大果沙棘果渣黄酮降血脂与抗氧化作用[J].营养学报,2009,31(5):516–518.

[32] 马建爽.沙棘黄酮调控肉仔鸡肌内脂肪沉积的研究[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2015.

[33] BRODSKY S V,BARTH R F,MO X K,et al.An obesity paradox:an inverse correlation between body mass index and atherosclerosis of the aorta[J].Cardiovascular Pathology,2016,25(6):515–520.

[34] 王捷思.沙棘籽渣黄酮对糖、脂代谢的调控及机理探讨[D].博士学位论文.上海:华东师范大学,2011.

[35] 王艳波.沙棘提取物对肉鸡抗氧化性能与脂肪代谢的影响[D].硕士学位论文.哈尔滨:东北农业大学,2007.

[36] HOBSON P N,MANN S O.The isolation of glycerol-fermenting and Lipolytic bacteria from the rumen of the sheep[J].Journal of General Microbiology,1961,25(2):227–240.

[37] RAMOS-MORALES E,MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ G,ABECIA L,et al.Garlic derived compounds modify ruminal fatty acid biohydrogenation and induce shifts in the *Butyrivibrio* community in continuous-culture fermenters[J].Animal Feed Science & Technology,2013,184(1/2/3/4):38–48.

[38] 姜雅慧,卜登攀,杨红建,等.不饱和脂肪酸在瘤胃氢化的微生物学机制研究进展[J].华北农学报,2015,30(S1):376–382.

[39] ANDRÉS S,BODAS R,TEJIDO M L,et al.Effects of the inclusion of flaxseed and quercetin in the diet of fattening lambs on ruminal microbiota,*in vitro* fermentation and biohydrogenation of fatty acids[J].The Journal of Agricultural Science,2015,154(3):542–552.

[40] LOURENÇO M,RAMOS-MORALES E,WALLACE R J.The role of microbes in rumen lipolysis and biohydrogenation and their manipulation[J].Animal,2010,4(7):1008–1023.

[41] 王颖超.沙棘黄酮对粥样硬化大鼠抗氧化及 NADPH 氧化酶亚基的影响[D].硕士学位论文.西宁:青海大学,2014.

[42] 苏宜香,郭艳.膳食脂肪酸构成及适宜推荐比值的研究概况[J].中国油脂,2003,28(1):31–34.

[43] 王炜,张伟敏.单不饱和脂肪酸的功能特性[J].中国食物与营养,2005(4):44–46.

[44] 王萍,张银波,江木兰.多不饱和脂肪酸的研究进展[J].中国油脂,2008,32(12):42–46.

[45] 孙翔宇,高贵田,段爱莉,等.多不饱和脂肪酸的研究进展[J].食品工业科技,2012,33(7):418–423.

[46] 张春娥,张惠,刘楚怡,等.亚油酸的研究进展[J].粮油加工,2010(5):18–21

[47] 衣丹,林学政,沈继红,等.共轭亚油酸降血脂及抗动脉粥样硬化作用的研究[J].现代生物医学进展,2011,11(7):1228–1230.

[48] 施东魁,胡春梅.花生四烯酸的主要作用及提取方法[J].中国中药杂志,2007,32(11):1009–1011.

[49] 符嫦娥,韩伟,卞进发,等.花生四烯酸的研究进展[J].云南化工,2004,31(5):31–34.

Effects of Sea Buckthorn Pomace on Growth Performance, Organ Indexes, Serum Physiological Parameters and Intramuscular Fatty Acid Composition of Fattening Lambs

XIN Xiaobin[1] ZHAO Junxing[1] JIN Yaqian[1] LIU Wenzhong[1] REN Youshe[1] ZHANG Chunxiang[1] ZHANG Wenjia[2] XIANG Binwei[2] ZHANG Jianxin[1*]

(1. *College of Animal Science and Technology, Shanxi Agricultural University, Taigu* 030801, *China*; 2. *Animal Husbandry Bureau of Youyu County, Youyu* 037200, *China*)

Abstract: The objective of the this study was to investigate the effects of dietary sea buckthorn pomace on growth performance, organ indexes, serum physiological parameters and intramuscular fatty acid composition of fattening lambs. A total of twenty-four 4-month-old Dorper×small thin-tailed crossed ram lambs [（25±1） kg] were selected and randomly divided into four groups with 6 sheep per group. Sheep in the four groups were fed the experimental diets which contained 0 （control）, 10%, 20% and 30% sea buckthorn pomace, respectively. The experiment lasted for 50 days. The results showed as follows: 1) the slaughter body weight of lambs in 10% and 20% groups was significantly higher than that in control group and 30% group (P<0.05), the average daily gain of lambs in 10% group was significantly higher than that in other groups (P<0.05), the average daily feed intake of lambs in 20% group was significantly higher than that in other groups (P<0.05), the ratio of feed to gain of lambs in 10% group was significantly lower than that in other groups (P<0.05). 2) The liver and spleen indexes of lambs in 30% group were significantly higher than those in other groups (P<0.05), and the reticulum stomach index was significantly lower than that in other groups (P<0.05). The large intestine and small intestine indexes of lambs in 10%, 20% and 30% groups were significantly higher than those in control group (P<0.05). 3) The serum high density lipoprotein (HDL) content of lambs in 30% group was significantly higher than that in other groups (P<0.05), the atherosclerosis index (AI) of lambs in 10%, 20% and 30% groups was significantly lower than that in control group (P<0.05), the total antioxidant capacity (T-AOC) and activities of glutathione peroxidase (GSH-Px) and superoxide dismutase (SOD) in serum of lambs in 10%, 20% and 30% groups were significantly higher than those in control group (P<0.05), the activities of aspartate transaminase (AST), alanine aminotransferase (ALT), lactate dehydrogenase (LDH) and contents of creatinine (CRE) and urea nitrogen (UN) in serum of lambs in 30% group were significantly higher than those in other groups (P<0.05). 4) The proportions of linoleic acid, trans oleic acid, peanut four acid, total monounsaturated fatty acids (ΣMUFA) and total unsaturated fatty acids (ΣUFA) in *longissimus dorsi* of lambs in 10%, 20% and 30% groups

were significantly higher than those in control group ($P<0.05$), while the proportions of oleic acid, total saturated fatty acids (ΣSFA) and total polyunsaturated fatty acids (ΣPUFA) were significantly lower than those in control group ($P<0.05$). In conclusion, dietary supplemented with sea buckthorn pomace is beneficial to improve the growth development and growth performance of fattening lambs, and the optimal supplemental level is 10% to 20%.

Key Words: sea buckthorn pomace; fattening lambs; growth performance; serum physiological parameters; intramuscular fatty acid i

*Corresponding author, professor, E-mail: ypzjx@126.com （责任编辑　武海龙）